










Patent number: EP0918095
 Publication date: 1999-05-26
 Inventor: WINKLER REINHARD (DE); WUEST JUERGEN (DE)
 Applicant: ALUSUISSE LONZA SERVICES AG (CH)
 Classification:
 - international: **C22C21/00; C22C21/06; C22C21/00; C22C21/06;**
 (IPC1-7): C22C21/00; C22C21/06
 - european: C22C21/00; C22C21/06
 Application number: EP19970810884 19971120
 Priority number(s): EP19970810884 19971120

Also published as:

 BR9804709 (A)
 EP0918095 (B1)
 PL186936B (B1)
 HU220128 (B)
 ES2192257T (T3)

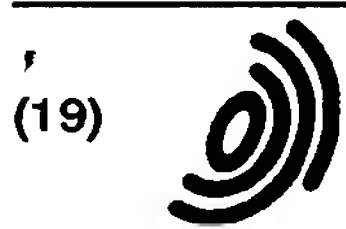
Cited documents:

 WO9610099
 WO9625528
 XP002060155
 RU2051048
 XP000563099

[Report a data error here](#)

Abstract of **EP0918095**

A structural component of a die cast aluminum alloy, which contains 0.05-0.4 wt.% Sc and optionally 0.1-0.4 wt.% Zr. Preferred Alloys: The aluminum alloy has the composition (by wt.) NOTGREATER 0.5% Si, NOTGREATER 1.0% Fe, 0.1-1.6% Mn, NOTGREATER 5.0% Mg, NOTGREATER 0.3% Ti, NOTGREATER 0.1% Zn, 0.05-0.4% Sc, optionally 0.1-0.4% Zr, balance Al and NOTGREATER 0.2% total (NOTGREATER 0.02% each) impurities. The especially preferred composition is (a) 0.1-0.8 (especially 0.15-0.25)% Si, 0.2-0.8 (especially 0.5-0.7)% Fe, 0.5-1.8 (especially 1.2-1.4)% Mn, NOTGREATER 1.5% Mg, NOTGREATER 0.3% Ti, NOTGREATER 0.1% Zn, 0.05-0.4 (especially 0.05-0.2)% Sc, optionally 0.1-0.4 (especially 0.1-0.2)% Zr, balance Al and NOTGREATER 0.2% total (NOTGREATER 0.02% each) impurities; or (b) 0.05-1.0 (especially 0.15-0.25)% Si, 0.05-0.2 (especially NOTGREATER 0.15)% Fe, 0.5-1.8 (especially 0.8-1.0)% Mn, 2.0-4.5 (especially 2.5-3.5)% Mg, NOTGREATER 0.2% Ti, NOTGREATER 0.1% Zn, 0.05-0.4 (especially 0.05-0.2)% Sc, optionally 0.1-0.4 (especially 0.1-0.2)% Zr, balance Al and NOTGREATER 0.2% total (NOTGREATER 0.02% each) impurities.



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 0 918 095 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
26.05.1999 Patentblatt 1999/21

(51) Int. Cl.⁶: **C22C 21/00, C22C 21/06**

(21) Anmeldenummer: **97810884.3**

(22) Anmeldetag: **20.11.1997**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(71) Anmelder:
**Alusuisse Technology & Management AG
8212 Neuhausen am Rheinfall (CH)**

(72) Erfinder:
• **Winkler, Reinhard
78234 Engen (DE)**
• **Wüst, Jürgen
85435 Erding (DE)**

(54) **Strukturbauteil aus einer Aluminium-Druckgusslegierung**

(57) Zur Herstellung eines Strukturbauteils, insbesondere eines Sicherheitsbauteils im Fahrzeugbau, aus einer Aluminiumlegierung durch Druckgießen wird die Aluminiumlegierung so gewählt, dass die an das Bauteil bezüglich Festigkeit und Duktilität gestellten Anforderungen bereits im Gusszustand, gegebenenfalls nach einer Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 230 bis 350°C, jedoch ohne Hochtemperaturglühung, erfüllt sind. Mit einem Zusatz von 0,05 bis 0,4 Gew.-% Scandium sowie wahlweise noch 0,1 bis 0,4 Gew.-% Zirkonium wird die Festigkeit im Gusszustand weiter erhöht und durch entsprechende Wahl von Temperatur und Zeitdauer einer nachfolgenden Wärmebehandlung kann ein gewünschtes Optimum zwischen hoher Duktilität und Festigkeit eingestellt werden. Die Aluminiumlegierung besteht weiter aus max. 0,5 Gew.-% Silizium, max. 1,0 Gew.-% Eisen, 0,1 bis 1,6 Gew.-% Mangan, max. 5,0 Gew.-% Magnesium, max. 0,3 Gew.-% Titan, max. 0,1 Gew.-% Zink und Verunreinigungen einzeln max. 0,01 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.

EP 0 918 095 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Strukturbauteil, insbesondere ein Sicherheitsbauteil im Fahrzeugbau, hergestellt aus einer Aluminiumlegierung durch Druckgiessen, wobei die Aluminiumlegierung so gewählt ist, dass die an das Bauteil bezüglich Festigkeit und Duktilität gestellten Anforderungen bereits im Gusszustand, ggf. nach einer Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 230 bis 350°C, jedoch ohne Hochtemperaturglühung, erfüllt sind.

[0002] Mit modernen Giessverfahren können heute hochbelastbare Formteile auch aus Aluminiumlegierungen hergestellt werden. Die eingesetzten Aluminiumwerkstoffe müssen allerdings eine Reihe von Anforderungen erfüllen. Eine wesentliche Voraussetzung für die Eignung eines Werkstoffs ist die Einhaltung bestimmter mechanischer Kennwerte. So bestimmen etwa Mindestwerte von Streckgrenze und Festigkeit die Tragfähigkeit einer Konstruktion. Im Fahrzeugbau kommt die Anforderung hinzu, dass die bei einem Zusammenstoss deformierten Bauteile vor dem Bruch möglichst viel Energie durch plastische Verformung absorbieren sollen, was eine hohe Duktilität des eingesetzten Werkstoffs erfordert. Eine weitere Voraussetzung ist eine kostengünstige Herstellungsmöglichkeit des Formteils. Hier bietet sich der Druckguss an, wobei für höchste Qualitätsansprüche Spezialverfahren zu bevorzugen sind, mit denen eine gute Formfüllung auch bei geringen Wandstärken des Gussteils erreicht und die Bildung von die Duktilität des Bauteils herabsetzenden Gaseinschlüssen vermindert werden kann.

[0003] Zur Herstellung von Druckgussteilen aus Aluminiumwerkstoffen werden heute noch zu einem wesentlichen Teil Aluminiumlegierungen mit einem Anteil von 7 bis 10% Silizium eingesetzt. Diese AlSi-Legierungen mit kleinem Magnesium-Zusatz zeichnen sich durch eine ausserordentlich gute Giessbarkeit bei geringer Klebeneigung des Gussteils in der Form auf. Diese Legierungen erfordern jedoch zur Einförmigkeit des Eutektikums eine Hochglühung bei Temperaturen von mindestens 480°C. Damit das Bauteil die geforderten Festigkeitswerte aufweist, muss das derart lösungsgeglühte Bauteil abgeschreckt und nachfolgend warm ausgelagert werden; der kleine Magnesium-Zusatz bis zu 0,4% ist dafür verantwortlich.

[0004] Bauteile mit teilweise geringen Wandstärken, wie sie beispielsweise als Strukturbauteile im Automobilbau eingesetzt werden, verziehen sich beim Abschrecken und müssen daher gerichtet werden. Zudem kann die hohe Glühtemperatur infolge einer Restgasporosität zu Blasenbildung an der Oberfläche der Bauteile führen. Zur Herstellung von Strukturbauteilen der genannten Art durch Druckgiessen wurde deshalb nach Möglichkeiten gesucht, die geforderten Festigkeits- und Dehnungswerte auch mit naturharten Legierungen ohne Durchführung einer Lösungsglühung zu erzielen. Um das Kleben des Gussteils in der Form zu vermindern, wurden unter Inkaufnahme einer Duktilitätseinbusse Legierungen mit bis zu 1% Eisen eingesetzt.

[0005] Zur Erzielung der heute an Sicherheitsbauteile im Fahrzeug- und insbesondere im Automobilbau gestellten Anforderungen bezüglich Festigkeit und Duktilität ist ein wesentlicher Fortschritt durch die Einführung von Werkstoffen mit niedrigem Eisengehalt gelungen. Mit dieser Massnahme wird der Volumenanteil spröder intermetallischer Phasen des Eisen mit dem Aluminium verringert. Das bei tiefen Eisengehalten auftretende Kleben des Gussteils an der Formwand wird mit einem höheren Gehalt an Mangan, das eine ähnliche Wirkung wie Eisen zeigt, kompensiert. Mit der Zugabe von Mangan wird allerdings der Anteil intermetallischer Phasen des Typs Al(MnFe) wiederum vergrössert. Da die Verteilung und Grösse der manganhaltigen intermetallischen Partikel im Vergleich zu den eisenhaltigen Phasen aber weitaus günstiger ist, ergibt sich bei etwa gleichem Festigkeitsniveau eine erhöhte Duktilität. Derartige Werkstoffe mit niedrigem Eisengehalt, d.h. Legierungen, bei denen Eisen durch Mangan substituiert ist, sind in letzter Zeit mit Erfolg in der Produktion eingeführt worden.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für im Druckguss hergestellte Strukturbauteile der eingangs genannten Art geeignete Werkstoffe mit weiter verbesserten mechanischen Eigenschaften bereitzustellen. Insbesondere sollen die für das Druckgiessen bekannten naturharten Legierungen bezüglich ihrer Eigenschaftskombination von Festigkeit und Bruchdehnung weiter verbessert werden. Für Sicherheitsteile im Automobilbau sollten die folgenden Minimalwerte im Gusszustand bzw. nach einer Wärmebehandlung ohne Lösungsglühung erreicht werden:

Dehngrenze (Rp0.2): 120 MPa
Zugfestigkeit (Rm): 180 MPa
Dehnung (A5): 10%.

[0007] Zur erfindungsgemässen Lösung der Aufgabe führt, dass die Aluminiumlegierung 0,05 bis 0,4 Gew.-% Scandium sowie wahlweise noch 0,1 bis 0,4 Gew.-% Zirkonium enthält.

[0008] Die bevorzugten Gehaltsbereiche liegen für Scandium bei 0,05 bis 0,2 Gew.-%, für Zirkonium bei 0,1 bis 0,3 Gew.-%.

[0009] Die vorliegende Erfindung macht sich die Erkenntnis zunutze, dass Scandium und Zirkonium bei rascher Abkühlung zum grössten Teil in übersättigter Lösung bleiben und bei Temperaturen im Bereich zwischen etwa 230 und 350°C zu feindispersen, submikronen Ausscheidungen führen. Mit einem Zusatz von Scandium kann daher die Festigkeit der Grundlegierung durch eine Ausscheidungshärtung erhöht werden. Scandium kann teilweise durch Zirkonium

ersetzt werden; eine Kombination beider Elemente führt infolge der Bildung der isomorphen Phasen Al_3Sc und Al_3Zr , die beide als kubisch flächenzentrierte Überstrukturphasen im Al-Matrixgitter gekennzeichnet sind, zu dem erfindungsgemässen günstigen Aushärtungseffekt.

[0010] Aufgrund der Wirkungsweise von Scandium darf angenommen werden, dass sich der festigkeitssteigernde Effekt bei allen naturharten Aluminium-Druckgusslegierungen auswirkt, welche einen geringen Gehalt an Silizium aufweisen und die verfahrensbedingt durch rasche Erstarrung und damit Übersättigung der Elemente Scandium und Zirkonium erzeugt werden.

[0011] Zur Herstellung des erfindungsgemässen Strukturbauteiles geeignete Druckgusslegierungen bestehen bevorzugt aus

max. 0,5 Gew.-% Silizium
max. 1,0 Gew.-% Eisen
0,1 bis 1,6 Gew.-% Mangan
max. 5,0 Gew.-% Magnesium
max. 0,3 Gew.-% Titan
max. 0,1 Gew.-% Zink
0,05 bis 0,4 Gew.-% Scandium
wahlweise noch
0,1 bis 0,4 Gew.-% Zirkonium

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.

[0012] Innerhalb der vorstehend angegebenen Bereichsgrenzen für die Legierungselemente haben sich zwei Legierungssysteme als besonders vorteilhaft herausgestellt.

[0013] Bei einem ersten Legierungssystem ($AlMnFe$) besteht die Legierung bevorzugt aus

0,1 bis 0,8, vorzugsweise 0,15 bis 0,25 Gew.-% Silizium
0,2 bis 0,8, vorzugsweise 0,5 bis 0,7 Gew.-% Eisen
0,5 bis 1,8, vorzugsweise 1,2 bis 1,4 Gew.-% Mangan
max. 1,5 Gew.-% Magnesium
max. 0,3 Gew.-% Titan
max. 0,1 Gew.-% Zink
0,05 bis 0,4, vorzugsweise 0,05 bis 0,2 Gew.-% Scandium
wahlweise noch
0,1 bis 0,4, vorzugsweise 0,1 bis 0,2 Gew.-% Zirkonium

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.

[0014] Bei einem zweiten bevorzugten Legierungssystem ($AlMgMn$) besteht die Legierung bevorzugt aus

0,05 bis 1,0, vorzugsweise 0,15 bis 0,25 Gew.-% Silizium
0,05 bis 0,2, vorzugsweise max. 0,15 Gew.-% Eisen
0,5 bis 1,8, vorzugsweise 0,8 bis 1,0 Gew.-% Mangan
2,0 bis 4,5, vorzugsweise 2,5 bis 3,5 Gew.-% Magnesium
max. 0,2 Gew.-% Titan
max. 0,1 Gew.-% Zink
0,05 bis 0,4, vorzugsweise 0,05 bis 0,2 Gew.-% Scandium
wahlweise noch
0,1 bis 0,4, vorzugsweise 0,1 bis 0,2 Gew.-% Zirkonium

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.

[0015] Die festigkeitsteigernde Wirkung des Scandiumzusatzes ergibt sich zu einem geringen Teil bereits während des eigentlichen Druckgiessvorganges. Eine wesentliche Erhöhung der Festigkeit kann jedoch durch eine nachfolgende Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 230 bis 350°C erreicht werden. Durch entsprechende Wahl von Temperatur und Zeitdauer der Wärmebehandlung kann ein gewünschtes Optimum zwischen hoher Duktilität und Festigkeit eingestellt werden. Durch diese gezielte Steuerung des Aushärtungseffektes von Scandium bzw. Scandium und Zirkonium wird die Einstellung massgeschneiderter mechanischer Eigenschaften an einem Strukturbauteil möglich.

[0016] Mit dem erfindungsgemässen Zusatz von Scandium und ggf. Zirkonium lassen sich die bekannten naturharten Aluminium-Druckgusslegierungen bezüglich Festigkeit und Duktilität entscheidend verbessern. Die Legierungen sind

daher besonders geeignet zur Herstellung von Strukturbauteilen, die als Sicherheitsbauteile im Fahrzeugbau und insbesondere im Automobilbau, beispielsweise als Space Frame Knoten oder als Crashelemente, eingesetzt werden. Die Strukturbauteile eignen sich insbesondere für Anwendungen, bei welchen eine Temperaturbelastung bis etwa 180°C auftritt.

- 5 [0017] Die vorteilhafte Wirkung eines Zusatzes von Scandium bzw. Scandium und Zirkonium zu naturharten Aluminium-Druckgusslegierungen ergibt sich aus den nachfolgend zusammengestellten Versuchsergebnissen beispielhafter Legierungen.

Beispiele

10

- [0018] Die untersuchten Legierungen sind in Tabelle 1 zusammengestellt.

Tabelle 1

15

Legierung	Zusammensetzung (Gew.-%)						
	Si	Fe	Mn	Mg	Zr	Ti	Sc
1	0.10	0.10	1.2	3.2		0.016	0.15
2	0.043	0.077	1.32	0.01	0.089	0.099	0.14

20

- [0019] Aus der Legierung 1 wurde ein Druckgussteil hergestellt. Die Legierung 2 wurde zur Simulation der Abkühlung beim Druckgießen im Kokillengießverfahren zu Platten von 3 mm Dicke vergossen. Aus den Gussteilen wurden Probestäbe für Zugversuche herausgearbeitet und an diesen die mechanischen Eigenschaften im Gusszustand mit und ohne nachfolgende Wärmebehandlung gemessen. Die Ergebnisse sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Hierbei bedeuten Rp 0.2 die Dehngrenze, Rm die Zugfestigkeit und A5 die Bruchdehnung.

25

Tabelle 2

30

Legierung	Wärmebehandlung	Mechanische Eigenschaften		
		Rp0.2 (MPa)	Rm (MPa)	A5 (%)
1		140	260	18
1	270°C/5h	210	300	8
2		60	130	32
2	350°C/6h	120	180	16

35

40

- [0020] Die Versuche zeigen deutlich das Potential von Scandium bzw. von Scandium und Zirkonium bezüglich der Einstellungsmöglichkeiten von Festigkeit und Duktilität am gegossenen Bauteil mittels einer entsprechend angepassten Wärmebehandlung.

Patentansprüche

45

1. Strukturbauteil, insbesondere Sicherheitsbauteil im Fahrzeugbau, hergestellt aus einer Aluminiumlegierung durch Druckgießen, wobei die Aluminiumlegierung so gewählt ist, dass die an das Bauteil bezüglich Festigkeit und Duktilität gestellten Anforderungen bereits im Gusszustand, gegebenenfalls nach einer Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 200 bis 400°C, jedoch ohne Hochtemperaturglühung, erfüllt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Aluminiumlegierung 0,05 bis 0,4 Gew.-% Scandium sowie wahlweise noch 0,1 bis 0,4 Gew.-% Zirkonium enthält.
- 50 2. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung 0,05 bis 0,2 Gew.-% Scandium sowie wahlweise 0,1 bis 0,3 Gew.-% Zirkonium enthält.
- 55 3. Strukturbauteil nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung aus

max. 0,5 Gew.-% Silizium
 max. 1,0 Gew.-% Eisen
 0,1 bis 1,6 Gew.-% Mangan
 max. 5,0 Gew.-% Magnesium
 max. 0,3 Gew.-% Titan
 max. 0,1 Gew.-% Zink
 0,05 bis 0,4 Gew.-% Scandium
 wahlweise noch
 0,1 bis 0,4 Gew.-% Zirkonium

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.

4. Strukturbauteil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung aus

0,1 bis 0,8, vorzugsweise 0,15 bis 0,25 Gew.-% Silizium
 0,2 bis 0,8, vorzugsweise 0,5 bis 0,7 Gew.-% Eisen
 0,5 bis 1,8, vorzugsweise 1,2 bis 1,4 Gew.-% Mangan
 max. 1,5 Gew.-% Magnesium
 max. 0,3 Gew.-% Titan
 max. 0,1 Gew.-% Zink
 0,05 bis 0,4, vorzugsweise 0,05 bis 0,2 Gew.-% Scandium
 wahlweise noch
 0,1 bis 0,4, vorzugsweise 0,1 bis 0,2 Gew.-% Zirkonium

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-% besteht.

5. Strukturbauteil nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Legierung aus

0,05 bis 1,0, vorzugsweise 0,15 bis 0,25 Gew.-% Silizium
 0,05 bis 0,2, vorzugsweise max. 0,15 Gew.-% Eisen
 0,5 bis 1,8, vorzugsweise 0,8 bis 1,0 Gew.-% Mangan
 2,0 bis 4,5, vorzugsweise 2,5 bis 3,5 Gew.-% Magnesium
 max. 0,2 Gew.-% Titan
 max. 0,1 Gew.-% Zink
 0,05 bis 0,4, vorzugsweise 0,05 bis 0,2 Gew.-% Scandium
 wahlweise noch
 0,1 bis 0,4, vorzugsweise 0,1 bis 0,2 Gew.-% Zirkonium

sowie Aluminium als Rest mit weiteren Verunreinigungen einzeln max. 0,02 Gew.-%, insgesamt max. 0,2 Gew.-%.

6. Strukturbauteil nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass am Bauteil zur Erhöhung der Festigkeit eine Wärmebehandlung in einem Temperaturbereich von 230 bis 350°C durchgeführt worden ist.

7. Verwendung eines Strukturbauteiles nach einem der Ansprüche 1 bis 6 als Sicherheitsbauteil im Fahrzeugbau.

8. Verwendung eines Strukturbauteiles nach einem der Ansprüche 1 bis 6 für Anwendungen mit einer Temperaturbelastung bis etwa 180°C.



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 97 81 0884

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int.Cl.6)
X	WO 96 10099 A (ASHURST TECHNOLOGY CORP IRELAN) 4. April 1996	1,2,6-8	C22C21/00 C22C21/06
Y	* Ansprüche 1 und 3; Tabelle 1; Seite 9, Zeile 6 bis Seite 10, Zeile 5; Abbildung 3 *	3-5	
X	--- DATABASE WPI Section Ch, Week 9640 Derwent Publications Ltd., London, GB; Class M26, AN 96-400558 XP002060155 & RU 2 051 048 C (SHEVELEVA L M) * Zusammenfassung *	1,2,7	
Y	--- WO 96 25528 A (GIBBS DIE CASTING ALUMINIUM CO) 22. August 1996 * Ansprüche 7 und 8 *	3-5	
A	--- KHARAKTEROVA M L ET AL: "PRECIPITATION HARDENING IN TERNARY ALLOYS OF THE AL-SC-CU AND AL-SC-SI SYSTEMS" ACTA METALLURGICA & MATERIALIEN, Bd. 42, Nr. 7, 1. Januar 1994, Seiten 2285-2290, XP000563099 * Abstract *	1	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int.Cl.6)
			C22C
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort MÜNCHEN		Abschlußdatum der Recherche 25. März 1998	Prüfer Bjoerk, P
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument ----- & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

BEST AVAILABLE COPY